

Petrología de la secuencia volcánica cenozoica en el área del arroyo Ranquil Huao: Meseta de Somún Curá. Patagonia Extraandina

Marcela B. REMESAL^{1,2}, María J. MÉNDEZ³, Mariana L. GAGLIARDO¹

¹ Departamento de Ciencias Geológicas, FCEN, UBA

² Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONICET)

³ Minera Río Frio

E-mail: remesal@gl.fcen.uba.ar

RESUMEN. En el norte de la Patagonia extraandina, involucrando parte de las provincias geográficas de Río Negro y Chubut se extiende un amplio derrame basáltico tipo plateau. El valle del arroyo Ranquil Huao, en el sector austral del plateau, en las proximidades de la localidad de Telsen, expone una secuencia interesante y bastante completa de esa asociación volcánica cenozoica. En este corte es posible estudiar no sólo los flujos basálticos correspondientes a la Formación Somún Curá, sino también los derrames denominados Basalto La Mesada, incluidos en la Superunidad Quiñelaf y los depósitos tobáceos del Grupo Sarmiento. Los basaltos de la Formación Somún Curá presentan rasgos petrográficos y geoquímicos similares a los del Basalto La Mesada (Superunidad Quiñelaf). El flujo piroclástico que se intercala en la parte más alta de la Formación Somún Curá complementa la estratigrafía conocida para esta unidad. Las características de las basanitas aflorantes en el tramo medio del valle del arroyo Ranquil Huao permiten diferenciarlas de las rocas que constituyen las otras unidades basálticas en la secuencia.

Palabras clave: *Basaltos, Patagonia extraandina, Somún Curá, Petrología*

ABSTRACT. *Petrology of volcanic sequence in the Arroyo Ranquil Huao: Meseta de Somún Curá, extra-andean patagonia.* In the northern side of the extra andean Patagonia, in portions of Río Negro and Chubut provinces, extensive basaltic lava flows plateau type are exposed. On the southern side of the plateaux, in the Ranquil Huao stream valley, close to Telsen locality, a large succession of volcanic and volcanoclastic rocks is exposed. The basaltic lava flows of Somuncura Formation and the Basalto La Mesada (Quiñelaf Superunit) and the volcanoclastic deposits of the Sarmiento Group are exposed in the area. The different groups of basalts are identified by petrographic and geochemical distinctive features. In the upper level of Somún Curá Formation a basic pyroclastic flow is interbedded. The basic rocks exposed in the medium level of the valley have distinctive characteristics and they are named as Basanitas Ranquil Huao. The analyzed units have geochemical parameters consistent with the evolution of melt showing that were produced by different degree of partial melting.

Key words: *Basalts, Extrandean Patagonia, Somún Curá, Petrology*

Introducción

El valle del arroyo Ranquil Huao, al suroeste de la localidad de Telsen, en la provincia del Chubut, expone una importante secuencia de unidades volcánicas cenozoicas que supera los 100 metros de potencia. Así, el corte del arroyo Ranquil Huao ofrece la posibilidad de analizar uno de los perfiles más completos de la Formación Somún Curá y establecer diferencias con otras vulcanitas asociadas.

Las erupciones que conforman la secuencia volcánica de la meseta de Somún Curá cubren la parte central y sur de la provincia de Río Negro y el centro norte de la provincia del Chubut. El sector estudiado en este trabajo (Fig. 1) está ubicado en las estribaciones australes de ese extenso ambiente volcánico de la Patagonia Extraandina. Se pueden encontrar antece-

dentos sobre la geología de la región en las contribuciones de Ardolino (1981), Remesal (1988), Ardolino y Franchi (1993), Kay *et al.* (1993), Méndez (1995) y Ardolino y Franchi (1996).

En el marco regional la unidad estratigráfica más antigua corresponde a las vulcanitas ácidas de la Formación Marifil (Triásico superior-Jurásico medio), y las areniscas, conglomerados y calizas silicificadas de la Formación Santa Anita (Jurásico medio a superior), sobre las cuales se apoyan en discordancia los depósitos epiclásticos y piroclásticos del Grupo Chubut (Cretácico). Concordantemente afloran los bancos pelíticos verdosos correspondientes a ambientes lacustres y marinos de la Formación La Colonia, del Cretácico superior (Senoniano). A partir del Paleoceno se habrían originado los cuerpos gábricos de la Formación El Buitre emplazados principalmente en

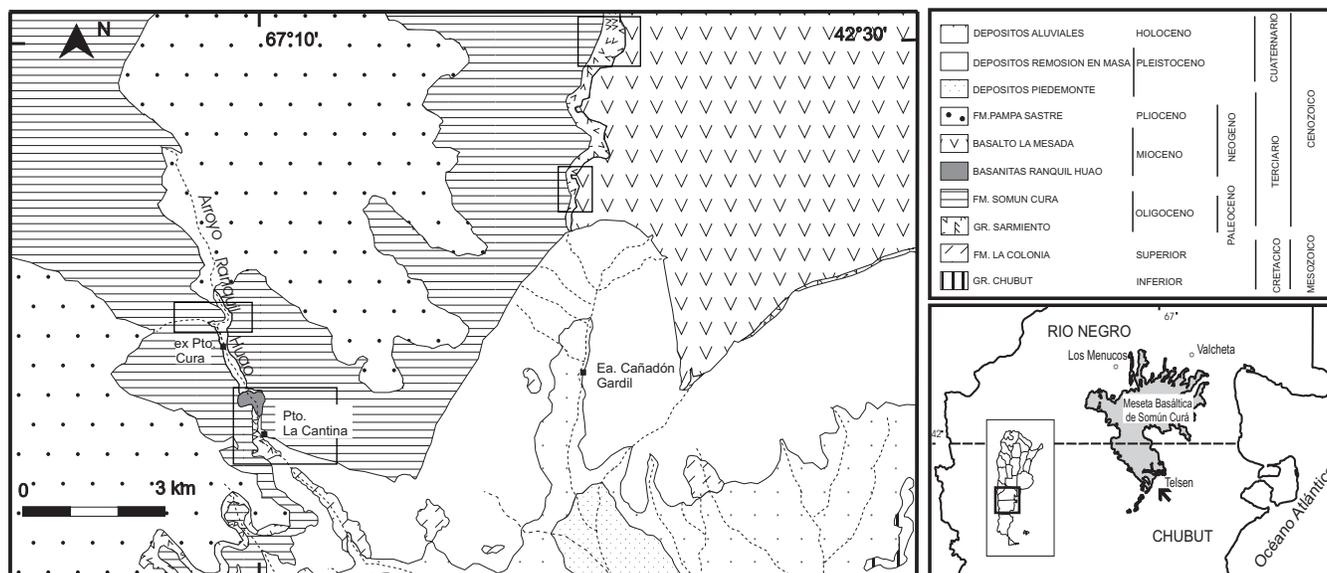


Figura 1: Mapa geológico del área del arroyo Ranquil Huao en el sector sudeste de la meseta de Somún Curá, provincia del Chubut. Las áreas destacadas corresponden a perfiles detallados y principales muestreos petrológicos.

las pelitas senonianas. El vulcanismo cenozoico está registrado por las tobas asignadas al Grupo Sarmiento y por las lavas basálticas oligocenas de la Formación Somún Curá, las cuales dieron origen a la extendida meseta homónima. La secuencia lávico-piroclástica desarrollada durante el Oligoceno y Mioceno, que reúne eventos postmeseta, fue definida en trabajos recientes como Complejo Eruptivo Quiñelaf (Ardolino y Franchi 1996) y como Superunidad Quiñelaf (Franchi *et al.* 1999). Las vulcanitas basálticas fueron cubiertas parcialmente por los conglomerados pliocenos de la Formación Pampa Sastre. Finalmente, se registran distintos tipos de depósitos cuaternarios: de pie de monte, de remoción en masa, aluviales que rellenan bajos y cañadones y acumulaciones eólicas.

Estratigrafía en el área del arroyo Ranquil Huao

En el valle del arroyo Ranquil Huao, el Grupo Sarmiento (Simpson 1941) está expuesto en el faldeo de la meseta que desciende hacia el sudeste (Fig. 1). La secuencia es esencialmente tobáceo-tufítica, de colores claros, con intercalaciones de bancos de areniscas laminadas, paleosuelos y lentes de conglomerados. Estos depósitos son de grano fino a mediano, y están compuestos por litoclastos (5%) de rocas volcánicas, cristaloclastos (10%) mayormente de plagioclasas y vitroclastos (5%) representados por pumíceos de colores castaños, en una muy abundante matriz vítrea. Las intercalaciones clásticas tienen rodados de hasta 4 cm que en términos generales corresponden a rocas volcánicas. También se incluye en esta

unidad una lente de conglomerado clasto sostén de aproximadamente 4 metros de espesor, de granometría variada, con clastos de vulcanitas de colores rojizos en una matriz arenosa pardo amarillenta muy desgranable que aflora sin base visible debajo de las lavas básicas, aguas arriba del puesto La Cantina (Fig. 1), donde el basalto forma un resalto en el curso del arroyo. De acuerdo con Ardolino y Franchi (1996) estos bancos del Grupo Sarmiento tendrían edad deseadense.

Al norte de la estancia Cañadón Gardil y al oeste del valle del arroyo Ranquil Huao (Fig. 1), coladas de basalto correspondientes a efusiones postmeseta y depósitos de conglomerados pliocenos respectivamente, protegen de la erosión a un nivel piroclástico con evidencias de retrabajo. Estas piroclastitas también corresponderían al Grupo Sarmiento aunque de edad colhuehuapense (Ardolino 1981). Tomando en consideración el aporte estrictamente local del depósito, Méndez (1995) lo denominó Tobas La Mesada. Estos bancos tienen un espesor total de 8 metros y su naturaleza friable determina que los afloramientos sean poco destacados en el terreno. Se trata de una lapillita tobácea blanca amarillenta que pasa a una toba de color castaño claro la que en el contacto con el basalto que la cubre desarrolla una zona de color rojo ladrillo, de aproximadamente 1 metro de espesor, como resultado del efecto térmico de la colada.

La Formación Somún Curá, cuya denominación se generalizó para el ámbito de la meseta a partir de los trabajos de Ardolino (1981), aflora en el perfil del arroyo Ranquil Huao con una potencia que supera los 100 metros. Esta formación está constituida por la superposición de varios flujos lávicos de composición basáltica. Las coladas inferiores son poco potentes,

tienen superficies cordadas, bien conservadas y en su mayoría se encuentran afectadas por hidrotermalismo; las superiores son más espesas, varían de 2 a 5 metros y tienen menos alteración. En estos flujos es típica la presencia de los denominados cilindros de vesículas y la textura cordada. Las coladas con salpicaduras de lava soldada en su superficie permiten inferir la existencia de eventos locales con escape intermitente de lava fluida. Las dataciones radimétricas compiladas por Ardolino y Franchi (1993) indican que las rocas de la Formación Somún Curá tienen edades que varían desde 33 ± 3 Ma a 22 ± 3 Ma. Los datos correspondientes a sectores más cercanos a la zona estudiada en este trabajo arrojan valores que varían entre 33 ± 3 Ma y 26 ± 2 Ma.

Intercalado en las últimas coladas de los basaltos de la Formación Somún Curá, aguas arriba del arroyo Ranquil Huao, al norte del ex puesto Cura aflora un flujo piroclástico de 2,5 metros de potencia, y forma lenticular, mencionado por primera vez por Méndez (1995). Esta intercalación piroclástica es una roca medianamente friable de color rosado. En términos megascópicos se pueden describir cristaloclastos, litoclastos y vitroclastos (los pumíceos tienen color gris claro y tamaños promedio de 0,4 cm), en una matriz vítrea fina. La presencia de estas rocas es infrecuente en la Formación Somún Curá por lo que se amplía la estratigrafía conocida para esta unidad en el ámbito del plateau.

En las proximidades del puesto La Cantina, en el quiebre de la pendiente definida por la barda basáltica, afloran vulcanitas oscuras, vítreas con diferencias petrológicas mencionadas por autores anteriores (Remesal 1988, Kay *et al.* 1993). Las evidencias megascópicas y microscópicas de estas rocas, permiten separarlas de los basaltos Somún Curá y describirlas como una unidad independiente (Basanitas Ranquil Huao). En el ámbito del vulcanismo de Somún Curá, rocas semejantes forman el cerro La Hueya en el extremo norte de la sierra de los Chacays y el cerro Paramela en el sector sur de la Alta Sierra de Somún Curá. Las rocas del tramo medio del arroyo Ranquil Huao constituyen un afloramiento reducido, de aproximadamente 10 metros de espesor, con disyunción en bloque y aspecto fresco. No se distinguen diferentes coladas aunque la disposición de algunos juegos de fracturas podría responder a la presencia de más de una unidad de enfriamiento. La ubicación estratigráfica de estas basanitas no está resuelta ya que si bien aparecen topográficamente por debajo de la Formación Somún Curá y apoyadas sobre un conglomerado asignado al Grupo Sarmiento, se conoce un dato K-Ar (Laboratorio de Potasio-Argón, INGEIS) que indica una edad de 22 ± 1 Ma (Méndez 1995). Si este dato fuese correcto, podría tratarse de un episodio posterior al de la Formación Somún Curá y constituir un relicto de un flujo encauzado.

La parte más alta de la secuencia volcánica la cons-

tituyen las efusiones denominadas por Ylláñez y Lema (1979) Basalto La Mesada y que de acuerdo a la nomenclatura propuesta por Franchi *et al.* (1999) quedarían incluidas en la Superunidad Quiñelaf. El Basalto La Mesada ya había sido redefinido por Ardolino y Franchi (1996) como Facies Lávica Básica Final del Complejo Eruptivo Quiñelaf, incluyendo flujos básicos extensos y poco potentes (3-5 metros) de basaltos olivínicos oscuros muy homogéneos, vesiculares y macizos, emplazados entre el valle del arroyo Telsen y el arroyo Ranquil Huao. Las dataciones isotópicas conocidas para el Basalto La Mesada arrojan una edad de 17 ± 1 Ma (Ardolino 1987), o valores cercanos (16 ± 3 Ma, Page 1987; 15 ± 1 Ma y 17 ± 1 Ma, Ylláñez 1978), ubicando a estas rocas en el Mioceno.

Los depósitos sedimentarios de la Formación Pampa Sastre (Ardolino y Franchi 1996) se apoyan tanto sobre la Formación Somún Curá al norte del arroyo Ranquil Huao, como sobre la unidad superior del Grupo Sarmiento al oeste del curso medio de ese arroyo. Estas acumulaciones corresponden a pefitas arenosas con clastos redondeados y subredondeados de tamaño grueso y muy grueso, en su mayoría de vulcanitas basálticas y traquíticas provenientes de la Formación Somún Curá y de la Superunidad Quiñelaf. En menor cantidad aparecen clastos de gabros alcalinos cuyo origen se atribuye a la Formación El Buitre (Ardolino *et al.* 1995). Según sus relaciones estratigráficas, la edad de la Formación Pampa Sastre sería pliocena (Ardolino y Franchi 1996).

Petrología de las efusiones terciarias en el valle del arroyo Ranquil Huao

Formación Somún Curá

Los basaltos de la Formación Somún Curá son de color gris oscuro con tonalidades rojizas que responden a fenómenos de oxidación. En general presentan textura afírica gruesa a levemente porfírica y vesicular a amigdaloides (con rellenos de carbonatos, ceolitas y arcillas). Al microscopio la trama predominante es intersertal con variaciones a subofítica y la mineralogía está representada por plagioclasa, olivina, piroxeno, óxidos de hierro y titanio y vidrio.

La plagioclasa es un mineral abundante que cristaliza en tablillas subhedrales, con maclas polisintéticas, eventualmente puede formar microfenocristales. Existen además cristales de plagioclasa anhedral con zonación. Su composición varía desde términos labradoríticos a andesíticos, (An_{54} a An_{34}).

La olivina sobresale en tamaño, y en algunas muestras se la puede considerar como microfenocristales, su composición está en el rango Fo_{75-82} . Es euhedral a subhedral y está casi totalmente iddingsitizada, lo cual destaca su presencia en la roca. Esta alteración co-

mienza en los bordes y las fracturas de los cristales evidenciando una oxidación a temperatura magmática, previa a la erupción (Fig. 2). La mayoría de los cristales tienen un ribete de olivina no iddingsitizada de composición semejante a la de la pasta.

El clinopiroxeno aparece en cristales anhedrales a subhedrales de color pardo verdoso a morado, intercrecidos con plagioclasa. En algunas coladas muestra zonalidad, destacándose la concentración de titanio hacia el final de la cristalización. Es evidente el crecimiento de clinopiroxeno en relación de equilibrio con olivina.

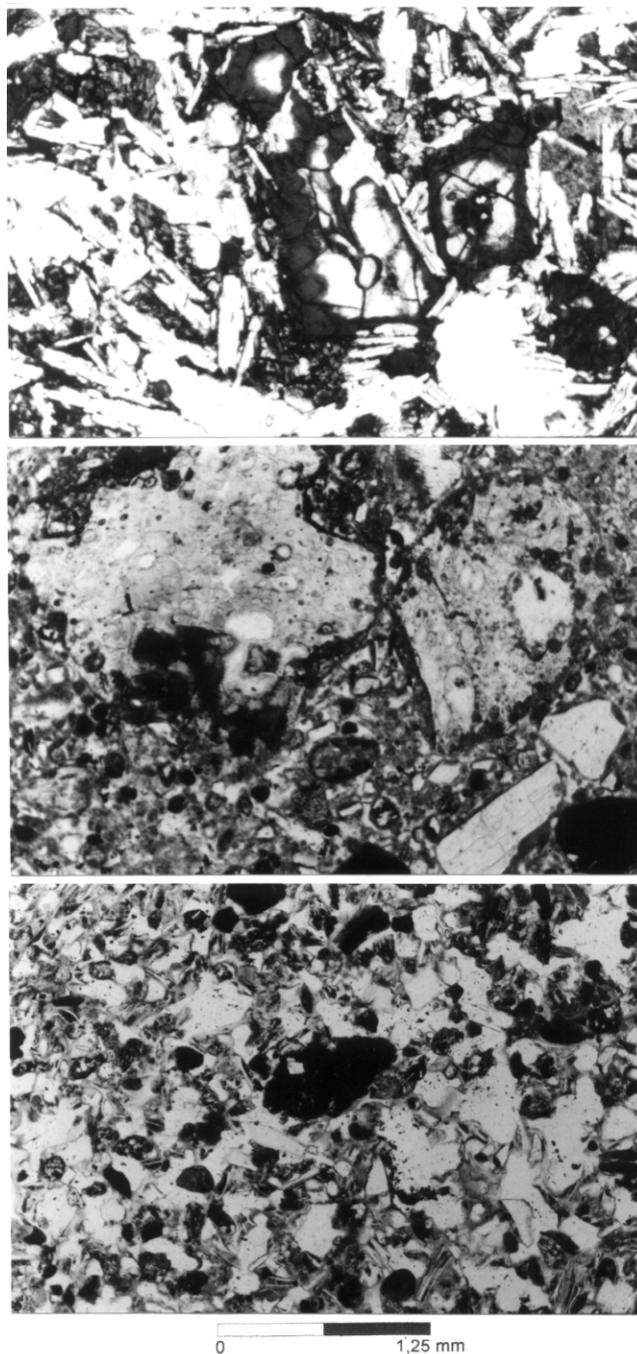
En los parches intersticiales de mesostasis vítrea, color castaño verdoso a morado, son comunes los cristales aciculares de apatita y cristales esqueléticos de plagioclasas. Cuando la desvitrificación es completa hay intercrecimientos de feldespato alcalino y analcima.

Como evidencias de asimilación cortical se han encontrado esporádicos xenocristales de plagioclasa y cuarzo con corrosión y bordes de reacción (Remesal 1988).

Intercalación piroclástica en la Formación Somún Curá: Esta intercalación que se destaca por su coloración en contraste con el basalto, es una toba vitrocristalina de color pardo rosado, compuesta por cristaloclastos, vitroclastos y litoclastos, inmersos en una abundante matriz vítrea (54% de la muestra) con alteración en arcillas (Fig. 2). Los litoclastos (10% de la muestra total), son angulosos y corresponden mayoritariamente a fragmentos de vulcanitas: a) basálticas con distintos grados de oxidación y con texturas afieltradas e intersertales, b) traquíticas con texturas traquíticas y bostoníticas, c) piroclastitas, esencialmente tobas de grano muy fino compuestas por cristaloclastos y litoclastos y partículas vítreas. También hay escasos lítoclastos de grano grueso y composiciones ácidas con un posible origen intrusivo. Los cristaloclastos conforman el 15% de la muestra total, están presentes en gran variedad de tamaños, algunos alcanzan los 2-3 milímetros. Principalmente se han determinado plagioclasa, feldespato alcalino, olivina, clinopiroxeno y algunos minerales opacos. Entre los vitroclastos se distinguen fragmentos pumíceos (de hasta 5 milímetros) con rebordes de oxidación.

Basanitas Ranquil Huao

Estas rocas son de color negro y textura vitroporfírica, destacándose grandes fenocristales de minerales máficos. La presencia relativa de componentes se estima en 20 % de fenocristales de olivina y clinopiroxeno y 80 % de pasta con textura predominantemente hialofítica aunque también se observan arreglos pilotácicos. Clasifican como hialobasanitas en transi-



bordes y fracturas. 2, Piroclastita de la Formación Somún Curá compuesta por cristaloclastos, litoclastos y vitroclastos entre los cuales se destacan por su tamaño los pumíceos de formas irregulares. 3, Tufita del Grupo Sarmiento con amplio predominio de vitroclastos sobre cristaloclastos subordinados en tamaño y cantidad.

ción a basaltos olivínicos mesocristalinos.

Los fenocristales de olivina son euhedrales a subhedrales, con fracturas y una incipiente alteración bowlingítica. Se reconocen también, formas esqueléticas. La olivina también es un constituyente principal en la pasta junto con cristales de color castaño rosado de augita titanífera, subhedrales y con

zonación en reloj de arena. La plagioclasa restringida a la pasta, forma microlitos euhedrales subordinados en cantidad a los máficos y acompañados por minerales opacos de grano muy fino. La mesostasis vítrea es muy abundante, tiene color castaño rojizo y como producto de su hidratación se forman parches de alteración con arcillas de coloración verdosa.

Estas rocas tienen pocas vesículas, de formas esféricas, y con rellenos completos en los cuales es posible diferenciar al menos dos pulsos de precipitación (uno de arcillas y otro de carbonato).

Grupo Sarmiento

En esta unidad se prestó especial atención a un depósito piroclástico-sedimentario post-meseta con aporte esencialmente local. Es una roca color castaño amarillento, friable, con abundantes fragmentos pumíceos y litoclastos de colores claros, contenidos en una matriz de tamaño arena. Los litoclastos corresponden a tobas y fueron clasificados como accesorios; están compuestos por un 90 % de vidrio, alterado en arcillas, y pequeños cristales de plagioclasa y feldespato. En la matriz predominan los litoclastos de tamaño arena fina y de material volcánico (tobas, basaltos y riolitas). Entre los cristaloclastos hay un amplio predominio del feldespato alcalino, y en menor cantidad plagioclasas. Los componentes vítreos son trizas y fragmentos pumíceos (Fig. 2).

Superunidad Quiñelaf

Las rocas de esta unidad que aquí se consideran son las originalmente definidas como Basaltos La Mesada (Ylláñez y Lema 1979). Se reconocen como basaltos olivínicos de colores oscuros, con textura vesicular - amigdaloides. Las características de estas efusiones son semejantes a las propias de la meseta tanto en su composición como en la estructura general de las coladas. Se trata de basaltos afíricos constituidos principalmente por olivina, clinopiroxeno y plagioclasas. Al microscopio su textura es porfírica con un 20% de microfenocristales y un 80% de pasta con textura intersertal; como microfenocristales se destacan olivina y clinopiroxeno y plagioclasa subordinada.

La olivina es el mineral predominante con formas euhedrales y alteración en iddingsita, principalmente en los cristales de la pasta. En algunos casos se observa un nuevo crecimiento de olivina no alterada a partir del borde iddingsitizado, indicando que la oxidación es anterior a la cristalización completa de la colada.

El clinopiroxeno (augita titanífera) es subhedral, con hábito prismático, coloreado y presenta zonación con pérdida de Fe^{3+} y enriquecimiento en Ti^{4+} hacia la periferia.

La plagioclasa (An_{40}) predomina en formas subhedrales, con maclado polisintético y libres de alteración.

Estas rocas muestran una mesostasis desvitrificada, generalmente en feldespatos.

Esporádicamente aparece xenocristales anhedrales de ortopiroxeno muy fracturados, con un leve pleocroísmo, y ribeteados por olivina iddingsitizada, clinopiroxeno y feldespato de bajo índice de refracción. Este borde de reacción es una evidencia de inestabilidad química del cristal de ortopiroxeno en el líquido portador, produciéndose la fusión de la superficie del cristal y precipitación de fases en equilibrio.

Geoquímica

El Cuadro 1 contiene los datos analíticos (Laboratorio de Análisis de Rocas-Departamento de Geología y Activation Laboratories Ltd.) de rocas representativas de las unidades Somún Curá, Ranquil Huao y Quiñelaf (Basalto La Mesada), las cuales fueron procesadas por elementos mayores. En algunas de ellas se determinaron también elementos menores y trazas, incluyendo tierras raras (TR). En el cuadro se han incluido además datos publicados por Kay *et al.* (1993) para completar el análisis geoquímico de la secuencia.

La distribución de muestras utilizando la sílice como índice de diferenciación permite una buena discriminación de las unidades analizadas (Fig. 3). Las rocas más subsaturadas corresponden a las Basanitas Ranquil Huao, y aún cuando el Basalto La Mesada (Superunidad Quiñelaf) presenta los valores más altos en SiO_2 , petrográficamente se establecieron semejanzas entre esta unidad y la Formación Somún Curá que se manifiestan también en varios rasgos químicos. Por medio del gráfico de Le Maitre *et al.* (1989) se identifica a las rocas de la Formación Somún Curá como basaltos en transición a basanitas. Los ricos contenidos en SiO_2 del Basalto La Mesada y su dispersión en álcalis, ubica mayoritariamente a estas rocas en el campo de las traquiandesitas (mugearitas). En cambio, las muestras de las Basanitas Ranquil Huao, más pobres en sílice y relativamente ricas en álcalis, se agrupan como basanitas - tefritas.

Aún cuando el número de análisis de elementos menores y traza es reducido, se ha utilizado el diagrama propuesto por Winchester y Floyd (1977) a través del cual se corrobora la tendencia alcalina de las rocas (Fig. 4).

La buena discriminación obtenida a través de la SiO_2 valoriza este parámetro como índice de diferenciación conduciendo a diagramas en los cuales se separan claramente los tres grupos de muestras. Así, la disminución del MgO según el aumento de SiO_2 ordena las rocas permitiendo inferir que al menos entre los basaltos y las basanitas existen diferencias significativas.

Cuadro 1: Listado de análisis químicos correspondientes a las muestras utilizadas para la realización del estudio geoquímico. Fueron procesadas en el Laboratorio de Análisis de Rocas del Departamento de Ciencias Geológicas (FCEN-UBA) y en ActLab (Canadá). Los números de muestras señaladas con asterisco fueron tomadas de Kay *et al.* (1993). En el mapa geológico se han señalado los lugares de muestreo.

	Basanitas Ranquil Huao				Basalto La Mesada				Formación Somún Curá										
	Ch32	RH4	RHA2*	RH3	Ch74	Ch74+	209*	Mj13	Ch30	Ch31	Ch33	Ch33+	Ch56	Ch56+	Ch73	RH20	RH4*	RHF*	Mj9
SiO ₂	42,21	43,5	45,18	43,6	51,56	55,51	52,9	52,29	47,31	49,75	44,9	44,83	46,41	46,4	45,74	49,5	50,03	49,85	51,7
TiO ₂	2,6	2,61	2,69	3	2,69	2,53	2,7	2,13	1,67	1,96	2,08	1,5	2,5	2,23	1,69	1,66	2,01	1,37	1,42
Al ₂ O ₃	15,59	13,12	15,22	12,41	15,28	12,68	15,17	12,63	16,86	15,08	17,2	20,87	15,17	20,84	17	14,5	15,91	16,86	14,81
Fe ₂ O ₃	4,24	5,94		6,6	4,47	5,64		4,1	7,49	5,72	7,2	6,96	6	6,61	3,83	7,02			6,07
FeO	5,88	5,65	10,61	6,49	5,38	6,1	9,91	5,64	3,75	5,53	2,48	2,78	5,29	3,68	6,38	5,39	11,43	11,97	0,19
MnO	0,18	0,39	0,19	0,3	0,11	0,16	0,11	0,15	0,16	0,13	0,16	0,24	0,17	0,15	0,13	0,34	0,15	0,19	0,13
MgO	8,48	9,8	9,04	9,36	4,41	4,62	5,1	6,68	6,06	6,69	4,78	5,84	6,49	4,94	8,03	6,46	7,18	5,11	2,5
CaO	9,19	9,16	9,83	9,4	7,75	6,32	7,34	9,1	8,82	7,51	9,26	8,23	8,84	8,18	8,89	9,02	8,28	9,47	4,55
Na ₂ O	3,61	2,94	3,4	3,37	5,18	2,9	4,01	4,4	3,68	4,28	3,97	2,8	3,2	3,15	4,91	3,51	3,77	3,6	2,7
K ₂ O	2,56	1,83	2,46	2,19	1,51	1,52	1,9	0,81	0,57	0,8	2,55	1,96	2,04	1,75	0,58	0,66	0,79	0,61	1,76
P ₂ O ₅	0,95	1,18	1,25	1,07	0,58	0,96	0,59	0,55	0,26	0,28	0,62	0,61	0,55	0,49	0,23	0,47	0,39	0,21	0,6
H ₂ O	2,51	2,85		2,48	0,32	0,17		0,21	0,82	0,28	1,55	2,23	0,66	0,9	0,49	1,08			4,94
LOI	0,28	0,59		0,46	0,41	0,27		0,43	0,68	0,36	1,32	1,32	0,7	0,47	2,85				7,53
Cr	230		266		121		141		236	189		354			350		284	243	
Ni	125		140	140	80		83	164	201	237		127			242		213	168	
Co	42		45	42	40		38	44	54	52					62		53	53	
Rb	56			38	34			17	12	19					11				
Cs	0,6		0,43	0,42	0,4		0,17	0,53	0,1	0,1							0,11	0,25	
Ba	709		673	583	765		818	505	322	382							239	168	
Sr	1072		1302	854	723		745	536	451	504					310		548	383	
Tl				0,06	0,08			0,07											
Ta	6,06		6,3	6,06	1,77		1,7	1,26	1,15	0,88							1,6	1,2	
Nb	93			62,3	29			13,2	20	21									
Hf	5,9		7,1	6,34	4,6		4,4	3,09	2,8	3,7							3,2	2,4	
Zr	238			282	177			119	116	133									
Y	30			27	27			19	20	20									
Th	6,61		6,3	5,61	2,47		2,1	2,24	1,58	1,97							1,7	1,6	
La	69		66,5	54,46	31,9		28,2	19,26	15,4	17,4							17,5	15,9	
Ce	119		132,6	107,2	60,8		61	40,69	33,4	37,6							38,7	32	
Pr	14,43			11,66	8,27			4,89	4,02	4,53									
Nd	54,2		57,2	41,77	35,1		40,6	19,78	17,2	19,9							15,7	15	
Sm	10,1		9,96	7,34	8,2		8,61	4,73	4,46	5,27							5,15	3,83	
Eu	2,96		2,83	2,48	2,8		2,83	1,85	1,56	1,79							1,62	1,31	
Gd	5,61			7,5	8,06			5,43	4,6	5,24									
Tb	1,16		1,18	0,92	1,15		1,09	0,69	0,74	0,78							0,78	0,68	
Dy	5,95			4,8	5,61			3,51	3,8	3,95									
Ho	1,01			1	0,97			0,73	0,67	0,69									
Er	2,89			2,58	2,55			1,8	1,81	1,86									
Tm	0,37			0,32	0,33			0,22	0,25	0,26									
Yb	2,07		2,32	1,81	1,83		1,77	1,38	1,57	1,47							1,54	1,82	
Lu	0,32		0,28	0,26	0,25		0,25	0,18	0,2	0,19							0,23	0,25	
MgO#	60,92	61,37	60,29	57,3	45,53	42,42	47,84	56,06	50,73	52,75	48,74	53,51	51,97	47,76	59,29	49,58	52,82	43,21	

Los diagramas de variación (Fig. 5) de elementos mayores ploteados en función del Mg# (=100{MgO/[MgO+FeO*]}) donde FeO* es el hierro total expresado como FeO), permiten interpretar que los basaltos evolucionan con paulatina disminución del MgO cuyo fraccionamiento puede relacionarse a la separación de olivina. El TiO₂ parece tender a un enriquecimiento limitado o al menos a una falta de fraccionamiento semejante al que puede analizarse en el Fe₂O₃. Solamente las basanitas tienen tendencias de empobrecimiento en Al₂O₃. El Na₂O presenta alto nivel de dispersión y no parece mostrar tendencias claras para el rango de rocas estudiadas. El P₂O₅ en los basaltos tiene poca variación con la diferenciación, sin embargo, es notable como se separa el grupo de las basanitas, en las que se registran los tenores más altos. La distribución general del K₂O puede describirse como una leve disminución hacia los menores valores de Mg#; sin embargo la identificación de un conjunto de rocas con

bajos contenidos de K₂O podría estar indicando un proceso sobreimpuesto que afectaría a una parte de los basaltos. La Formación Somún Curá se enriquece en CaO durante la diferenciación, este comportamiento es opuesto al que presentan los basaltos La Mesada. Las basanitas poseen altos contenidos de CaO y de CaO/Al₂O₃ y una buena correlación positiva entre el MgO y la relación CaO/Al₂O₃ (Fig. 5).

Se utilizó un elemento incompatible típico como el Th para graficar la variación de elementos menores y traza (Fig. 6), y su distribución resultó útil en la discriminación de basaltos y basanitas. Los basaltos de la Formación Somún Curá definen un campo al cual se asocian las muestras de La Mesada, con valores de Th comprendidos aproximadamente entre 1,6 y 2,5. En cambio, las Basanitas Ranquil Huao están separadas por un *gap* y se agrupan en torno de contenidos más altos de Th (5,6 a 6,6). La variación de los elementos compatibles (Ni, Cr) respondería al fracciona-

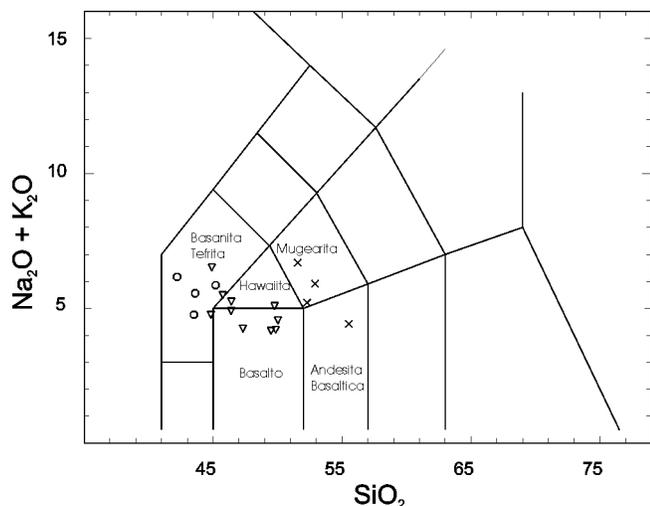


Figura 3: Clasificación de los grupos de muestras según el diagrama discriminatorio de Le Maitre *et al.* (1989). Para caracterizar las muestras se utilizaron los siguientes símbolos: \pm Basanitas Ranquil Huao, ∇ Basalto La Mesada (Superunidad Quiñelaf), \triangle Formación Somún Curá.

miento de olivina y clinopiroxeno en la evolución de los basaltos Somún Curá y La Mesada corroborando las evidencias encontradas durante el tratamiento de los elementos mayores; en particular el Cr presenta una tendencia bien definida. La ausencia de plagioclasa en el conjunto de fraccionamiento surge de evaluar los enriquecimientos en Sr y Eu sumados a la distribución de $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$.

Para todas las muestras, elementos altamente incompatibles como Ce, La y Th tienen correlaciones fuertes y constantes. Las líneas Ce-Th y La-Th pasan por el origen sugiriendo que las fuentes de los dos magmas pueden estar relacionadas.

Pares de elementos relativamente inmóviles y que se fraccionan fuertemente durante los procesos de fusión, como La, Yb o Nb, Zr son útiles para controlar, a través de sus cocientes, el grado de fusión parcial del manto (Thirlwall *et al.* 1994). La relación La/Yb normalizada a la condrita decrece desde valores comprendidos entre 18 y 22 (La_{CN} 160-200) para las basanitas hasta valores entre 5 y 17 (La_{CN} 40-110) para los basaltos. Similarmente la relación $(\text{Nb}/\text{Zr})_{\text{CN}}$ decrece desde valores comprendidos entre 4 y 8 (Nb_{CN} 180-270) para las basanitas hasta valores entre 4 y 2 (Nb_{CN} 40-110) para los basaltos. Diferencias similares pueden evaluarse al comparar relaciones entre otros elementos indicadores tales como K/Ba, Ce/Sm y Ce/Yb. Estas evidencias geoquímicas sugieren variaciones importantes en los grados de fusión que sufrieron las fuentes de origen para los líquidos padres de basaltos y basanitas.

Los diagramas multielementos normalizados a la condrita (según los valores de normalización de Thompson *et al.* 1984) son claros en cuanto al enriquecimiento en elementos incompatibles (Fig. 7) Esta

distribución es comparable con vulcanitas básicas alcalinas de ambientes extensionales en intraplaca, una comparación en este sentido fue establecida por Kay *et al.* (1993) quienes destacaron la similitud de los diseños entre Somún Curá y Hawaii particularmente para las tierras raras (TR).

El gráfico de TR normalizadas muestra que los distintos tipos de rocas tienen abundancias similares de TRP pero variables contenidos de TRL (Fig. 8). Se puede observar como la relación $(\text{Ce}/\text{Yb})_{\text{CN}}$ se incrementa con la subsaturación y la alcalinidad, lo cual es consistente con el decrecimiento del grado de fusión parcial. En los diagramas multielementos los patrones definidos por los datos del Basalto La Mesada y la Formación Somún Curá tienen similitudes que indican fuentes con grados comparables de enriquecimiento en elementos livianos y responderían a grados de fusión parcial parecidos. En cambio, las basanitas se destacan por un diseño con mayor pendiente atribuible a un grado de fusión menor. Como es característico en rocas alcalinas el patrón de TR de las Basanitas Ranquil Huao es empinado con valores de La que superan en aproximadamente 200 veces el valor de La en la condrita. El fraccionamiento de TRL respecto de las pesadas (TRP) expresado según la relación $(\text{Ce}/\text{Yb})_{\text{N}}$ es del orden de 14-16 para las basanitas pero disminuye a <10 para los basaltos.

En los líquidos derivados de magmas basálticos que evolucionan por remoción de fases minerales que cristalizan tempranamente, las relaciones $(\text{Ce}/\text{Yb})_{\text{N}}$ y $(\text{Ce}/\text{Sm})_{\text{N}}$ no se modifican en forma significativa, aunque sí se produce enriquecimiento en Ce_{N} (Myers y Frost 1994). En consecuencia, graficando estas proporciones para líquidos relacionados por cristalización fraccionada se definen tendencias horizontales, mientras que aquéllos que responden a grados distintos de fusión parcial de una fuente magmática se ordenan

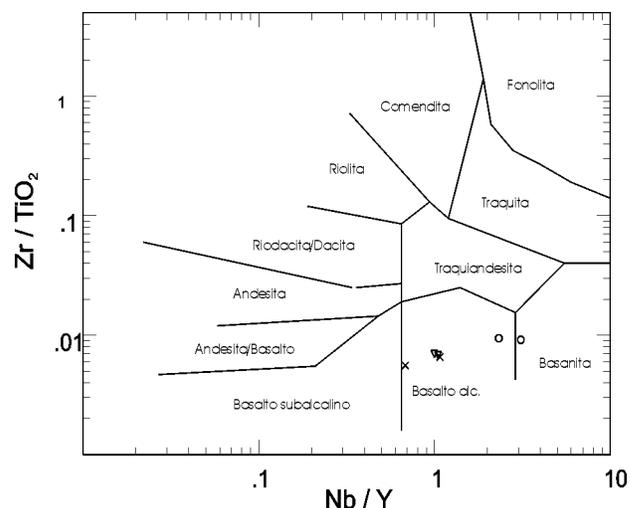


Figura 4: Clasificación de las muestras de los tres grupos utilizando el gráfico de elementos menores y trazas propuesto por Winchesteer y Floyd (1977). Detalle de los símbolos en la figura 3.

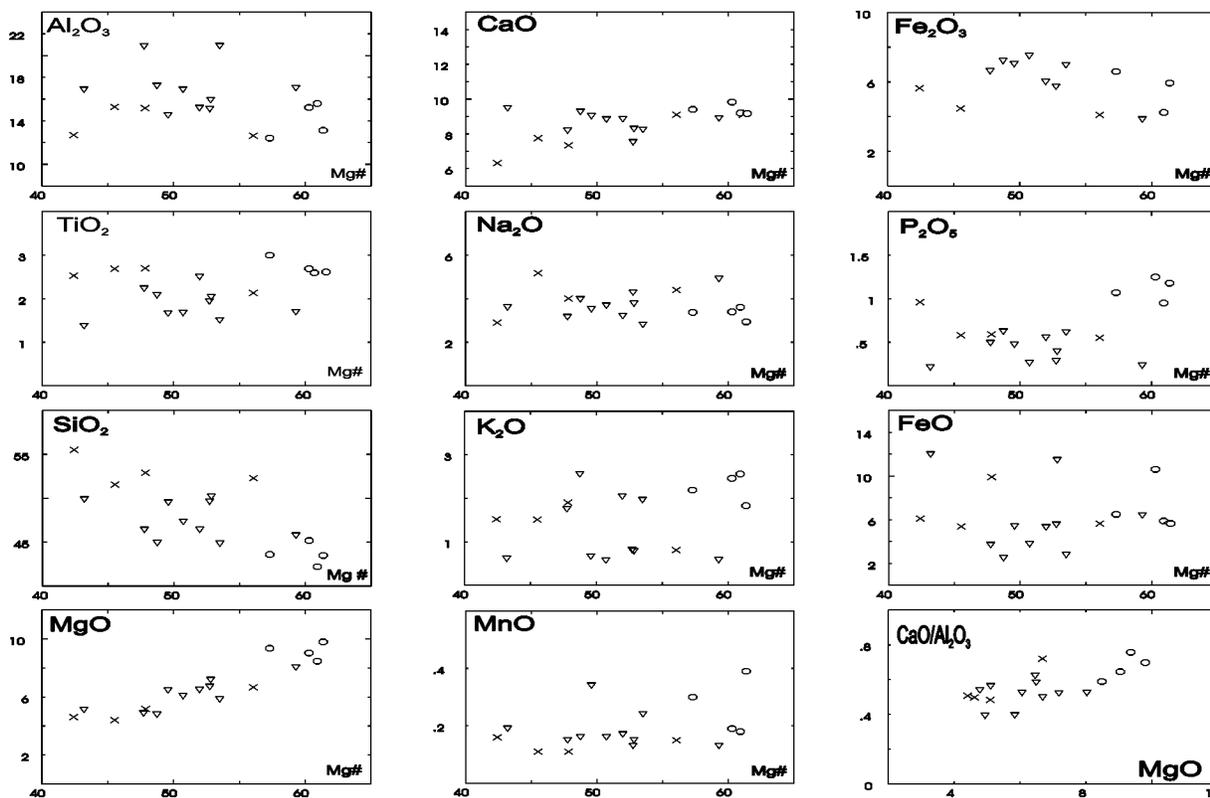


Figura 5: Diagramas de variación de elementos mayores utilizando el Mg# como índice de diferenciación. Se incluye además un gráfico de relación CaO/Al_2O_3 vs MgO. Detalle de los símbolos en la figura 3.

según una recta cuya pendiente depende del grado de fusión. A pesar de la tendencia obtenida para elementos sensibles a la cristalización de fases máficas como Cr y Ni, la falta de dispersión en las muestras de los basaltos de las unidades Somún Curá y La Mesada, en el gráfico de la figura 9, podría indicar que no hubo modificación de los líquidos por cristalización fraccionada. La secuencia presenta una tendencia bien definida de decrecimiento del grado de fusión y no aparecen registrados procesos posteriores significativos. En cambio, las basanitas Ranquil Huao no sólo se alejan en la trayectoria según un grado menor en el porcentaje de fusión sino que se alinean insinuando la posibilidad de haber sido líquidos modificados por cristalización fraccionada.

La distribución de muestras en el diagrama Nb/Y vs Rb/Y (Leeman y Hawkesworth 1986) se utilizó con el fin de comprobar la influencia de una posible contaminación cortical en la petrogénesis de los basaltos. La escasa presencia de xenocristales de cuarzo y plagioclasa en algunas muestras de basalto de la Formación Somún Curá podrían sugerir esta posibilidad. Si bien la relación Rb/Y, que permite evaluar la interacción de rocas o fundidos corticales con magmas básicos, tiene cierta dispersión, la misma no parece contundente como evidencia de una contaminación significativa. Las relaciones isotópicas publicadas por Kay *et al.* (1993) tampoco indican contami-

nación cortical.

Las facies piroclásticas en este perfil sólo fueron analizadas según sus elementos mayores. De la comparación geoquímica de estas muestras con las lavas asociadas, se puede destacar que el flujo piroclástico intercalado en la Formación Somún Curá, comparado con los basaltos de esta misma formación, tiene mucho menos MgO, valores bajos de TiO_2 , FeO, CaO y Na_2O e intermedios de Al_2O_3 , contenidos semejantes de MnO, valores de P_2O_5 comparables con los más altos de los basaltos, mientras que el K_2O se alinea con la tendencia de mayor concentración.

Discusión

El perfil del arroyo Ranquil Huao es uno de los más potentes afloramientos lávicos en el ambiente de la meseta de Somún Curá. Su estudio ha permitido complementar características significativas de las unidades que conforman la estratigrafía volcánica, tanto en sus rasgos físicos como mineralógicos y químicos. Los basaltos olivínicos transicionales a alcalinos de la Formación Somún Curá representan líquidos muy fluidos con abundantes volátiles, que alcanzan la superficie con escasos cristales intratélúricos e incorporan materiales corticales en los últimos tramos de su ascenso. Las rocas de la Formación

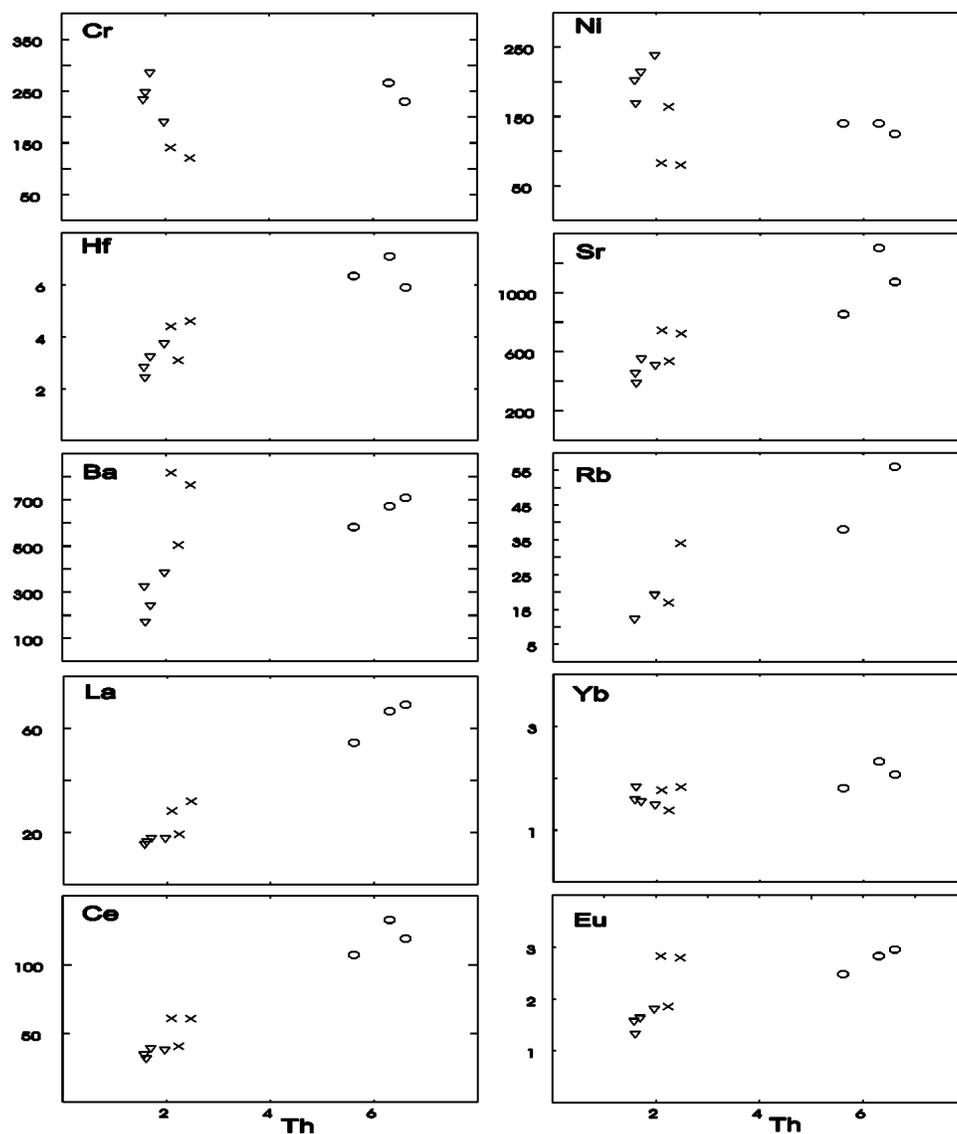


Figura 6: Diagramas de variación de elementos traza, incluyendo tierras raras. Se ha utilizado el Th como discriminante. Detalle de los símbolos en la figura 3.

Somún Curá tienen valores de SiO_2 más altos que las Basanitas Ranquil Huao y en general inferiores al Basalto La Mesada (Superunidad Quiñelaf) aún cuando no difieren substancialmente de éste. Los análisis geoquímicos no indican procesos de intercambio significativo tal como ya lo plantearan Kay *et al.* (1993), a partir de sus datos de relaciones isotópicas y concentraciones de LIL. En el análisis conjunto, algunas rocas de Somún Curá y La Mesada demostraron un comportamiento anómalo respecto de las concentraciones de potasio; sin embargo, no se han encontrado evidencias para agrupar las muestras según un proceso determinado y en consecuencia podría entenderse que esta desviación revela algún tipo de alteración post-emplazamiento.

Las erupciones de la Formación Somún Curá parecen corresponder a una secuencia de líquidos escalonados por diferencias mínimas en porcentajes de fusión que en general resultan relativamente altos. Según proponen Kay *et al.* (1993) esta fusión estaría en el orden de 4 a 7%. La cristalización fraccionada de olivina y clinopiroxeno postulada por el comportamiento de elementos traza menores incompatibles (Cr, Ni), no es corroborada por los datos de TR.

Si bien en varios sectores de la Formación Somún Curá se había reconocido la presencia de material piroclástico retrabajado intercalado en las coladas (Remesal 1988, Remesal *et al.* 1996), en la secuencia del arroyo Ranquil Huao, fue posible muestrear por primera vez una intercalación piroclástica que registra un tipo de efusión poco común, tal como lo son los flujos piroclásticos básicos. La geoquímica de estos depósitos es substancialmente semejante a la de los basaltos de la Formación Somún Curá, aunque se

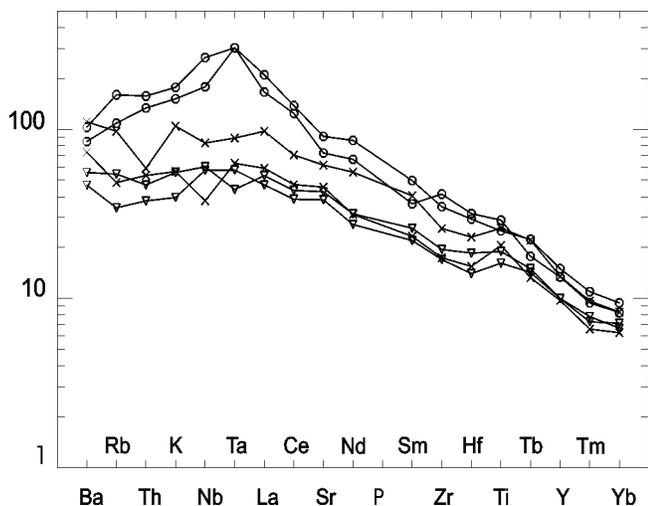


Figura 7: Diagrama multielementos donde se comparan muestras de las tres unidades, las cuales fueron normalizadas según los valores propuestos por Thompson *et al.* (1984). Detalle de los símbolos en la figura 2.

destaca un significativo empobrecimiento en FeO.

El Basalto La Mesada (Superunidad Quiñelaf) tiene características petrográficas y geoquímicas muy parecidas a las de la Formación Somún Curá. Sus relaciones estratigráficas y los datos geocronológicos publicados (Ardolino y Franchi 1993) lo ubican como un episodio volcánico más joven tanto en el ámbito regional como local. Las erupciones basálticas póstumas en la asociación volcánica tienden a reproducir efusiones extensas, composicional y morfológicamente parecidas a las que caracterizan a la Formación Somún Curá. Ardolino y Franchi (1993) incluyen este episodio en la parte superior del Complejo Eruptivo Quiñelaf o Superunidad Quiñelaf (Franchi *et al.* 1999).

El nivel tobáceo que separa al Basalto La Mesada de la Formación Somún Curá tiene una composición que atestigua una génesis local (Méndez 1995). Por su posición estratigráfica posterior a los derrames lávicos oligocenos se lo asimila en edad a los depósitos colhuehauenses del Grupo Sarmiento (Ardolino y Franchi 1996).

Las Basanitas Ranquil Huao afloran en un área restringida, en el tramo medio del arroyo, y presentan diferencias importantes con los basaltos de la Formación Somún Curá. Los datos petrográficos y geoquímicos demuestran que esta efusión responde posiblemente a líquidos originados a través de grados de fusión menores a los que originaron los basaltos olivínicos de Somún Curá y La Mesada. Los datos preliminares sobre edad absoluta (Méndez 1995) la ubicarían como un evento intercalado entre las efusiones de la Formación Somún Curá y el Basalto La Mesada pero su real posición estratigráfica necesita ser ajustada. La mayoría de las edades de la Formación Somún Curá para la zona promedian los 27 ± 3 Ma, de

modo que las basanitas serían un evento más joven o contemporáneo considerando el dato de 22 ± 1 Ma, discutido antes. Es posible que estas basanitas puedan ser finalmente correlacionadas con eventos post-meseta (Superunidad Quiñelaf) ya que no se debería descartar que se trata del relicto de una colada encauzada, posterior a la formación de la meseta.

Conclusiones

En el perfil del arroyo Ranquil Huao están expuestos los basaltos de la Formación Somún Curá, rocas epiclásticas y piroclásticas del Grupo Sarmiento, los basaltos La Mesada recientemente redefinidos como parte de la Superunidad Quiñelaf, y flujos de basanitas asignadas provisionalmente a una nueva unidad.

Se dan a conocer las características petrológicas de un flujo piroclástico básico intercalado en la secuencia lávica de la Formación Somún Curá. Este tipo de intercalación es novedosa para esta formación.

Se identifica como una unidad nueva a las basanitas emplazadas en el tramo medio del valle del arroyo Ranquil Huao. Las diferencias megascópicas y petrológicas encontradas permiten separarlas claramente de los basaltos de meseta. Sin embargo, ya que su ubicación en la columna estratigráfica todavía es imprecisa, se propone nombrarlas, informalmente y en forma provisoria, como Basanitas Ranquil Huao.

El comportamiento geoquímico en las secuencias individuales sería el resultado de los efectos de diferentes grados en la fusión parcial. Las Basanitas Ranquil Huao se interpretan como el producto de un grado de fusión bajo, mientras que la Formación Somún Curá y el Basalto La Mesada parecen corresponder a un grado de fusión parcial mayor, evolucionando luego por cristalización fraccionada controlada principalmente por olivina±clinopiroxeno.

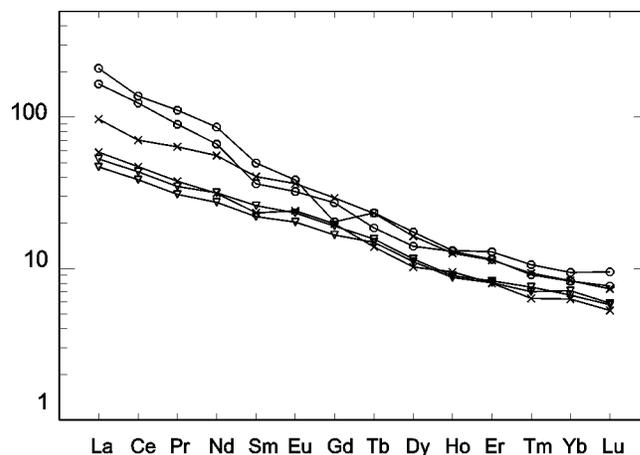


Figura 8: Patrones de distribución de tierras raras normalizadas a la condrita, según los valores de Sun (1982). Detalle de los símbolos en la figura 3.

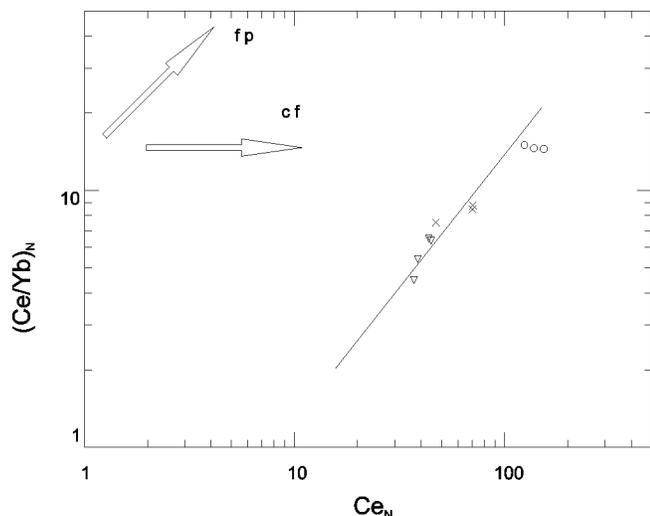


Figura 9: Diagrama $(Ce/Yb)_N$ vs Ce_N (Saunders 1984; Myers y Frost 1994), donde se han esquematizado las tendencias de los procesos de fusión parcial y cristalización fraccionada. La distribución de las muestras de la Formación Somún Curá, del Basalto La Mesada y de las Basanitas Ranquil Huao indican fraccionamiento de TRP modificando significativamente la relación $(Ce/Yb)_N$. Detalle de los símbolos utilizados en el cuadro 1.

Agradecimientos

Esta investigación se realizó en el marco del proyecto UBACyT Ex 052 y su continuación UBACyT Tx 72. Los trabajos de campo contaron con la valiosa colaboración del SEGEMAR. Los preparados petrográficos fueron realizados por el Sr. Eduardo Llambías.

Las autoras desean expresar su agradecimiento a quienes colaboraron desinteresadamente con este trabajo, en especial a Alberto Ardolino, Mario Franchi, Hebe Lema, Claudio A. Parica y Flavia M. Salani.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Ardolino A. A., 1981. El vulcanismo cenozoico del borde sudoriental de la Meseta de Somuncurá, provincia del Chubut. VIII Congr. Geológico Argentino Actas II: 7-23.
- Ardolino A. A., 1987. Descripción geológica de la Hoja 42f, Sierra de Apas, provincia del Chubut. Dirección Nacional de Minería y Geología, Boletín 203:1-91.
- Ardolino A. A. y Franchi, M., 1993. El vulcanismo cenozoico de la Meseta de Somuncurá, provincias de Río Negro y Chubut. XII Congreso Geológico Argentino. Actas IV: 225-235.
- Ardolino A. A. y Franchi, M., 1996. Hoja geológica 4366 - I Telsen. Provincia del Chubut. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina, escala 1:250.000, Boletín N 215. Dirección Nacional del Servicio Geológico.
- Ardolino, A.A., Busteros, A., Cucchi, R., Franchi, M., Lema, H. y Remesal, M., 1995. Cuerpos alcalinos básicos paleogenos del sur de Somún Curá (Argentina) y su marco estratigráfico. Ameghiniana, Asociación Paleontológica Argentina, Publicación. Especial No. 3: 7-22.
- Franchi, M., Ardolino, A.A. y Remesal, M., 1999. Hoja Geológica Cona Niyeu 4166-III. Servicio Geológico Minero Argentino. 114p. Buenos Aires.
- Kay M. S., Ardolino, A.A., Franchi, M. y Ramos, V.A., 1993. El origen de la meseta volcánica de Somuncurá: distribución geoquímica de sus rocas volcánicas máficas. XII Congreso Geológico Argentino. Actas IV: 236-248.
- Leeman, W.P. and Hawkesworth, C.J., 1986. Open magma system: Trace element and isotopic constraints. Journal of Geophysical Research. V91:5901-5912.
- Le Maitre, R.W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre, J., Le Bas, M.J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sorensen, H., Strekeisen, A., Woolley, A.R. and Zanettin, B., 1989. A classification of igneous rocks and glossary of terms. Blackwell, Oxford.
- Méndez, M. J., 1995. Geología y petrología del área del Arroyo Ranquil Huao, sector sudoriental de la Meseta de Somuncurá. Tesis de licenciatura, UBA, Inédito, 100 p.
- Myers, J.D. and Frost, C.D., 1994. A petrologic re-investigation of the Adak volcanic center, Central Aleutian arc, Alaska. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 60, 109-146.
- Page, R., 1987. Descripción geológica de la Hoja 43g, Bajo de la Tierra Colorada, Provincia del Chubut. Serv. Geol. Nac., Bol. 200. Buenos Aires.
- Remesal M., 1988. Geología y petrología de los basaltos de la Meseta de Somuncurá. Tesis de doctorado, UBA. (Inédito) 211 pp.
- Remesal, M., Gagliardo, M. y Méndez, M.J., 1996. Estructura, petrografía y geoquímica de las coladas basálticas en el límite NE de la meseta de Somuncurá. XII Congreso Geológico Boliviano. Actas II: 473-482. Tarija, Bolivia.
- Saunders, A.D. 1984. The rare earth element characteristics of igneous rocks from the ocean basins. En Henderson (Ed.): Rare Earth Elements Geochemistry, pp.: 205-236. Developments in Geochemistry 2. Elsevier.
- Simpson, G. G., 1941. The Eogene of Patagonia. American Museum Novitates. 1120: 1- 15, New York.
- Sun, S.S., 1982. Chemical composition and origin of the Earth's primitive mantle. Chemochimica Cosmochimica Acta, vol. 46: 179-192.
- Thirlwall, M.F., Smith, T.E., Graham, A.M., Theodorov, N., Hollings, P., Davidson, J.P. and Arculus, R.J., 1994. High field strength element anomalies in arc lavas: source or process?. Journal of Petrology 1. 35, 819-838.
- Thompson, R.N., Morrison, M.A., Hendry, G.L. and Parry, S.J., 1984. An assessment of the relative roles of a crust and mantle in magma genesis: an elemental approach. Philosophical Transactions of the Royal Society of London A310:549-590.
- Winchester, J.A. and Floyd, P.A., 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements Chemical Geology, 20:325-343.
- Ylláñez, E., 1978. Descripción geológica de la Hoja 42g, Telsen, Provincia del Chubut. Servicio Geológico Nacional. (Inédito).
- Ylláñez, E. y Lema, H., 1979. Estructuras anulares y geología del noroeste de Telsen (Provincia del Chubut). Acta VII Congreso Geológico Argentino, I: 445-454.

Recibido: 12 de marzo, 2001

Aceptado: 28 de junio, 2002